

# OTOMATISASI PEMBUATAN TIRAMISU BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52

Subiyakto Supriadi<sup>(1)</sup>, Wahyudi, ST, MT<sup>(2)</sup>, Trias Andromeda, ST, MT<sup>(2)</sup>

**Abstrak.** Dunia otomatisasi yang terus berkembang semakin berpengaruh terhadap kehidupan kita sehari-hari. Tidak terkecuali aplikasi dalam rumah tangga, semakin banyak pula yang memanfaatkan otomatisasi seperti rice cooker, microwave, dan lain-lain. Tiramisu merupakan makanan khas Italia, pembuatannya meliputi 3 tahap yaitu pencampuran pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , homogenisasi pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$  dan pembekuan pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$ . Selama ini pembuatannya masih manual yang memungkinkan perpindahan mesin. Dalam tugas akhir ini dirancang mesin otomatisasi untuk pembuatan tiramisu.

Mesin otomatisasi yang berbentuk kabinet refrigerator menggunakan sensor suhu LM35CZ untuk mengetahui suhu dalam mesin, keluaran sensor dikuatkan penguat selisih untuk dapat menjadi masukan ADC (Analog to Digital Converter) yang selanjutnya diolah mikrokontroler untuk menggerakkan aktuator yang berupa pemanas dan kompresor sesuai dengan suhu – suhu yang diperlukan dalam proses.

Proses pembuatan tiramisu dengan mesin otomatis ini lebih praktis dibandingkan dengan cara biasa karena cukup menggunakan satu alat kerja untuk pemanasan dan pendinginan. Selain itu tidak perlu pengawasan secara terus – menerus dari operator saat peralihan proses pemanasan ke pendinginan. Produk akhir yang dihasilkan lebih kental, tidak terlalu keras dan tidak cair.

**Kata kunci :** otomatisasi, tiramisu, mikrokontroler, refrigerator

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Bidang otomatisasi yang makin berkembang tidak hanya mempengaruhi industri tetapi juga aspek kehidupan manusia sehari-hari, bahkan hal-hal yang sederhana seperti alat penanak nasi, pemanas makanan, pendingin ruangan, hingga setrika. Namun, pemanfaatan aplikasi otomatisasi ini belum

digunakan dalam pembuatan tiramisu padahal proses pembuatannya menuntut perpindahan bahan campuran dari satu proses ke proses berikutnya. Hal ini kurang efektif dan efisien, dan juga bisa mempengaruhi produk akhir menjadi kurang bagus. Karena itu, untuk mengeliminasi hal tersebut maka dirancang alat otomatis berbasis mikrokontroler untuk pembuatan tiramisu.

### B. Tujuan

1. Merancang alat pembuat tiramisu dalam satu mesin yang sama, sehingga memberi kepraktisan dalam proses pembuatan dan menghilangkan tugas pengawasan selama pembuatan.
2. Membuat produk akhir tiramisu yang lebih baik, tidak terlalu keras dan encer.

### C. Pembatasan Masalah

1. Range suhu proses  $-10^{\circ}\text{C}$  sampai  $40^{\circ}\text{C}$
2. Otomatisasi hanya untuk besaran suhu, pencampuran tambahan bahan baku pembuatan tiramisu dilakukan secara manual.
3. Proses dapat diulang setelah proses sebelumnya selesai dengan menekan tombol *Push button ON*.
4. Proses melalui 3 tahap yaitu homogenisasi campuran pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , penguatan adonan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$  dan pembekuan pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$ .
5. Suhu panas maksimal yang dapat dihasilkan oleh heater didalam kabinet refrigerator ialah  $45^{\circ}\text{C}$  sedangkan suhu dingin maksimal yang dapat dihasilkan mesin refrigerasi  $-20^{\circ}\text{C}$ .
6. Dalam mengendalikan refrigeran dalam satu proses ke proses berikutnya harus diberi waktu istirahat sekitar 3 menit untuk melakukan penyeimbangan tekanan antara evaporator yang

bertekanan rendah dengan kondensor yang bertekanan tinggi.

7. Pengendalian *heater* (pemanas) dan mesin refrigerasi menggunakan teknik kontrol ON-OFF.
8. Pokok bahasan utama dalam tugas akhir ini ialah proses dari pembuatan tiramisu sehingga menghasilkan produk akhir yang bermutu.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Pembuatan Tiramisu

Langkah-langkah dalam pembuatan tiramisu adalah :

1. Pencampuran.  
Bahan-bahan cair ditimbang dalam bejana pencampuran, dipanaskan dulu sampai kira-kira suhu 40 °C.
2. *Homogenisasi*  
Ini untuk mencegah tercampur aduknya susu selama pembuihan, untuk mengurangi waktu yang diperlukan bagi “pematangan” campuran itu, memperkecil partikel lemak, memperhalus serta melembutkan adonan dan untuk mempengaruhi kekentalan. Proses pada suhu 4 derajat Celcius ini dilakukan sekaligus untuk penguatan adonan.
3. Pembekuan dan pembuihan  
Pembekuan dan pembuihan merupakan proses yang terus-menerus dengan dilaksanakan pada suhu -10 °C.

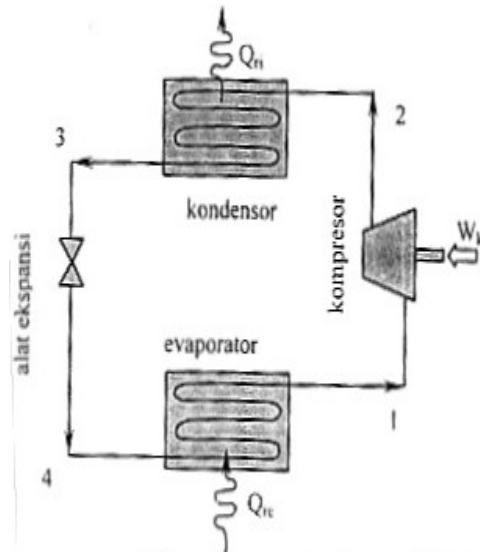
### B. Mesin Refrigerasi (Pendingin)

Setiap mesin pendingin memiliki beberapa komponen dasar dan suatu siklus kompresi uap seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Di dalam siklus kompresi uap standar ini, refrigeran mengalami 4 proses utama, yaitu:

#### 1. Proses 1-2

Pada proses ini refrigeran meninggalkan evaporator dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian oleh kompresor uap tersebut dinaikkan tekanannya menjadi uap dengan tekanan yang lebih tinggi (tekanan kondensor).



Gambar 1 Siklus kompresi uap standar.

#### 2. Proses 2-3

Pada proses ini, refrigeran setelah mengalami kompresi, berada pada fasa panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi. Untuk mengubah wujudnya menjadi cair, kalor harus dilepaskan ke lingkungan. Hal ini dilakukan pada penukar kalor yang disebut kondensor.

#### 3. Proses 3-4

Pada proses ini, refrigeran dalam wujud cair penuh mengalir melalui alat ekspansi.

#### 4. Proses 4-1

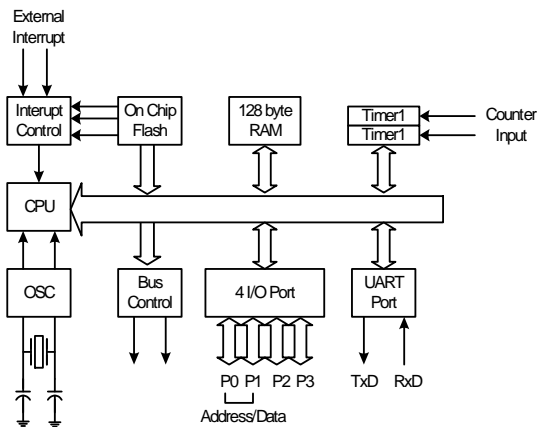
Pada proses ini, refrigeran dalam fasa campuran uap-cair, mengalir melalui sebuah penukar kalor yang disebut evaporator

### C. Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler dapat digunakan secara langsung sebagai unit pengontrol tanpa memerlukan bantuan komponen digital lainnya. AT89S52 terdiri dari sebuah CPU (*Central Processing Unit*), dua buah jenis memori data dan program, port input/output, dan register-register. Blok diagramnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Spesifikasi Mikrokontroler AT89S52 dapat dijelaskan sebagai berikut :

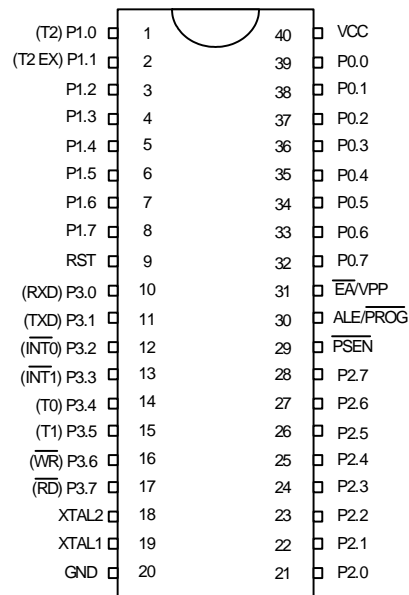
1. Kompatibel dengan keluarga MCS-51 dari produk Intel



Gambar 2 Arsitektur mikrokontroler AT89S52.

2. Memiliki satu prosesor 8 bit
3. Kemampuan untuk mengalami memori program hingga 64 Kbyte
4. Kemampuan untuk mengalami memori data hingga 64 kbyte
5. Memiliki Flash PEROM internal 8 KByte
6. Memiliki RAM 256 Byte
7. Memiliki struktur detak internal dan rangkaian pewaktu
8. Memiliki 4 buah terminal masukan dan keluaran masing-masing 8 jalur
9. Memiliki 3 timer/counter 16 bit (T0, T1 dan T2)
10. Mempunyai 2 interupsi external, 2 interupsi timer, 1 interupsi serial dan interupsi reset
11. Memiliki terminal komunikasi serial *full duplex* UART
12. Mampu beroperasi pada pengoperasian dengan frekuensi 24 MHz
13. Kemampuan melaksanakan suatu instruksi matematika seperti operasi penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian dan operasi boolean
14. Kecepatan pelaksanaan satu siklus instruksi dengan menggunakan pewaktu dan frekuensi 12 MHz adalah 1 us.

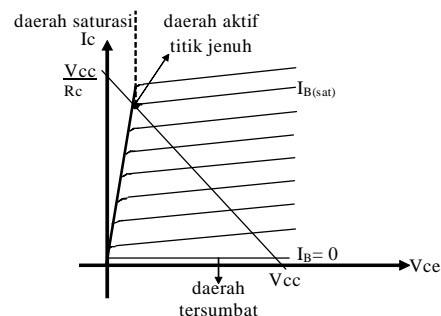
Susunan pena-pena mikrokontroler AT89S52 diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Susunan pin mikrokontroler AT89S52.

#### D. Driver Transistor

Tiga daerah kerja transistor ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Daerah kerja transistor.

1. Daerah jenuh (*saturation region*).
2. Daerah aktif (*active region*).
3. Daerah tersumbat (*cut-off region*).

#### E. Penguat Operasional (*Operasional Amplifier*)

Penguat operasional adalah rangkaian terpadu (IC) yang mempunyai 5 buah terminal dasar.

1. Penguat Tak Membalik (*Non-inverting Amplifier*)

Penguat tak membalik merupakan suatu penguat dimana tegangan keluarannya atau  $V_o$  mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukan atau  $V_i$ .

2. Penguat Selisih (*Differensial amplifier*)

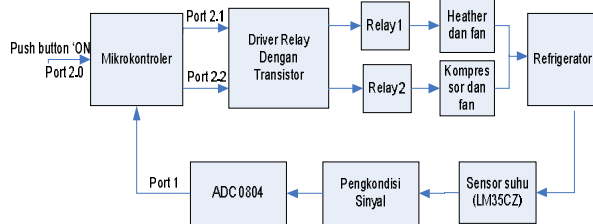
Penguat selisih merupakan suatu penguat dimana tegangan outputnya merupakan

selisih dari tegangan input yang dimasukkan ke kedua terminal masukannya.

### III. PERANCANGAN SISTEM

#### A. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Secara umum diagram blok sistem pembuat tiramisu ditunjukkan pada Gambar 5.

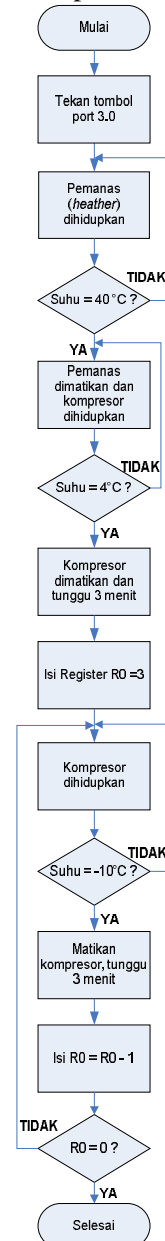


Gambar 5 Diagram blok sistem pembuat tiramisu

Suhu dari refrigerator dikonversi oleh sensor suhu LM35CZ menjadi besaran tegangan yang sesuai, besaran tegangan itu sangat kecil dan bisa berupa besaran negatif dengan kisaran -0,10 - 0,4 Volt. Besar tegangan itu oleh pengkondisi sinyal akan dikuatkan dan diubah menjadi 0 - 5 Volt sesuai referensi ADC 0804. Rangkaian ADC 0804 digunakan untuk merubah besaran analog dari pengkondisi sinyal menjadi besaran digital yang akan diolah oleh mikrokontroler. Mikrokontroler digunakan untuk mengatur kerja dari aktuator yang berupa *heather* (pemanas) dan kompresor untuk aksi pendinginan (refrigerator). Untuk mengatur kerja dari aktuator itu keluaran dari mikrokontroler tidak mampu untuk langsung menggerakannya, sehingga dibutuhkan relay dengan *driver* berupa rangkaian *driver* transistor yang dihubungkan dengan port 2.1 dan port 2.2, sehingga keseluruhan kerja sistem dikendalikan oleh mikrokontroler. Port 2.0 mikrokontroler dihubungkan dengan sebuah tombol *push button* sebagai tanda untuk mikrokontroler memulai proses pembuatan tiramisu. Port 1 mikrokontroler dipakai untuk mengambil data digital hasil konversi dari ADC yang akan diolah di mikrokontroler.

#### B. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Flowchart dari Program pembuatan tiramisu ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Flowchart program

Proses dimulai dengan menekan tombol '*push button ON*' yang akan memulai proses pembuatan dari tiramisu. Setelah ada penekanan tombol lalu mikrokontroler akan menghidupkan pemanas sebagai tahap pertama pembuatan tiramisu yaitu tahap pencampuran adonan agar semua bahan-bahan yang telah dicampur dapat larut dan menyatu dengan baik, proses ini juga bertujuan melemahkan bakteri-bakteri yang

mungkin masih terkandung dalam bahan-bahan seperti telur ayam mentah yang masih memungkinkan mengandung bakteri *Salmonella* yang dapat menyebabkan penyakit seperti muntaber (muntah dan berak).

Ketika suhu sudah mencapai 40<sup>0</sup> C, pemanas dimatikan yang juga berarti proses pertama selesai, selanjutnya kompresor dihidupkan supaya suhu refrigerator mencapai 4<sup>0</sup> C untuk proses berikutnya yaitu proses *Homogenisasi* yang utamanya bertujuan untuk penguatan dari adonan yang akan membuat hasil akhir yang baik serta tekstur dari tiramisu yang lebih halus serta juga untuk perlambatan pelelehan tiramisu sehingga tiramisu dapat agak lebih tahan lama ketika berada di suhu ruangan.

Selanjutnya setelah mencapai 4<sup>0</sup> C kompresor dimatikan, dan setiap kompresor dimatikan harus ada waktu tunggu sekitar 3 menit untuk menyamakan tekanan antara kondensor yang bertekanan tinggi dengan evaporator yang bertekanan rendah sehingga tidak terjadi *overload* pada kompresor yang dapat menyebabkan kompresor rusak.

Setelah melewati waktu tunggu, kompresor kembali dihidupkan untuk mencapai suhu -10<sup>0</sup> C untuk melakukan proses terakhir yaitu pembekuan dan pembuihan yang akan membentuk *body* dari tiramisu, yang harus diperhatikan ialah proses pembekuan ini tidak boleh terlalu lama karena jika terlalu lama tiramisu akan membeku seperti es sehingga tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan, waktu yang diperlukan untuk membekukan ini kurang lebih 10-15 menit, jadi selama waktu itu kompresor dihidup-matikan supaya suhu tetap berada pada kisaran suhu -10<sup>0</sup> C. Setelah proses ini selesai maka selesai juga semua proses pembuatan tiramisu dan semua sistem akan dimatikan serta tiramisu yang telah jadi siap untuk dinikmati, karena jika dibiarkan terus di suhu ruangan tiramisu akan mencair dan sudah tidak dapat dinikmati jika sudah mencair.

#### IV. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian ini menggunakan rangkaian yang ditunjukkan pada lampiran.

#### A. Pengujian dan Analisis Sensor Suhu LM 35CZ

Tabel 1 Hasil Pengujian LM35CZ

| Suhu Termometer (°C) | Tegangan Keluaran LM 35CZ (miliVolt) | Konversi Tegangan ke Suhu dari LM 35CZ (°C) | Kesalahan |
|----------------------|--------------------------------------|---|-----------|
| -10                  | -70,20                               | -7,02                                       | 2,98      |
| -5                   | -51,10                               | -5,11                                       | 0,11      |
| 0                    | 0,02                                 | 0,01  | 0,002     |
| 5                    | 50,10                                | 5,01  | 0,01      |
| 10                   | 90,20                                | 9,02  | 0,98      |
| 15                   | 131,40                               | 13,14                                       | 1,86      |
| 20                   | 210,10                               | 21,01                                       | 1,01      |
| 25                   | 260,00                               | 26,00                                       | 1,00      |
| 30                   | 301,20                               | 30,12                                       | 0,12      |
| 35                   | 351,10                               | 35,11                                       | 0,11      |
| 40                   | 401,05                               | 40,105                                      | 0,105     |

Besar kesalahan rata-rata LM 35CZ dapat dihitung sebesar :

$$\frac{2,98+0,11+0,02+0,01+0,98+1,86+1,01+1,00+0,12+0,11+0,105}{11}$$

$$= 0,755$$

#### B. Pengujian dan Analisis Blok Pengkondisi Sinyal

Tabel 2 Hasil Pengujian Pengkondisi Sinyal

| Tegangan Masukan ( Volt) | Tegangan Keluaran Alat ( Volt) | Tegangan keluaran teori (Volt) | Kesalahan |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|
| -0,10                    | 0,00                           | 0,00                           | 0,00      |
| 0,00                     | 1,10                           | 1,00                           | 0,10      |
| 0,10                     | 2,00                           | 2,00                           | 0,00      |
| 0,20                     | 3,20                           | 3,00                           | 0,20      |
| 0,30                     | 4,00                           | 4,00                           | 0,00      |
| 0,40                     | 5,10                           | 5,00                           | 0,10      |

Besar kesalahan rata-rata pengkondisi sinyal sebesar

$$\frac{0,00 + 0,10 + 0,00 + 0,20 + 0,00 + 0,10}{6} =$$

$$0,0667$$

### C. Pengujian dan Analisis Blok Pengubah Analog ke Digital (ADC)

Tabel 3. Hasil Pengujian ADC.

| Tegangan Masukan | Keluaran |         |       | Kesalahan |
|------------------|----------|---------|-------|-----------|
|                  | Biner    | Desimal | Teori |           |
| 0                | 00000000 | 0       | 0     | 0         |
| 0,5              | 00011101 | 29      | 25,5  | 3,5       |
| 1                | 00111001 | 57      | 51    | 6         |
| 1,5              | 01010010 | 82      | 76,5  | 5,5       |
| 2                | 01101011 | 107     | 102   | 5         |
| 2,5              | 10000011 | 131     | 127,5 | 3,5       |
| 3                | 10011001 | 153     | 153   | 0         |
| 3,5              | 10110110 | 182     | 178,5 | 3,5       |
| 4                | 11001111 | 207     | 204   | 3         |
| 4,5              | 11101001 | 233     | 229,5 | 3,5       |
| 5                | 11111111 | 255     | 255   | 0         |

$$\text{Kesalahan rata-rata ADC} = \frac{0 + 3,5 + 6 + 5,5 + 5 + 3,5 + 0 + 3 + 3,5 + 0}{10} = 3.$$

### D. Pengujian dan Analisis Port 1 sebagai Input Mikrokontroler

Tabel 4 Hasil pengujian port 1 sebagai input dan port 2 sebagai output

| Port mikrokontroler | LED     |
|---------------------|---------|
| Port 2.0            | Padam   |
| Port 2.1            | Menyala |
| Port 2.2            | Menyala |
| Port 2.3            | Padam   |
| Port 2.4            | Padam   |
| Port 2.5            | Padam   |
| Port 2.6            | Padam   |
| Port 2.7            | Padam   |

Sesuai Tabel 4 port 1 sebagai input mikrokontroler dari ADC dapat berfungsi dengan baik, juga port 2.1 dan port 2.2 yang digunakan sebagai output mikrokontroler ke pengendali relai berfungsi baik pula.

Tiramisu dengan pengujian otomatisasi menunjukkan hasil akhir yang kental. Pengujian manual dengan proses

pendinginan saja memberikan hasil tiramisu yang keras seperti es, dan hal ini tidak dianjurkan karena masih bahan campuran kemungkinan masih mengandung bakteri *salmonella* yang berasal dari telur ayam mentah dan dapat berakibat muntaber bagi yang mengonsumsi. Pengujian lain secara manual, yang menggabungkan proses pemanasan dan pendinginan secara berurutan memberikan hasil tiramisu yang mengembang dan encer serta sulit didinginkan.

Proses pembuatan tiramisu dengan cara otomatisasi ini juga memberikan keuntungan lain yaitu dari segi kepraktisan pembuatannya. Karena dengan otomatisasi tidak memerlukan pengawasan karena semua proses sudah dikendalikan oleh sistem sampai produk akhir jadi.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Tiramisu yang diperoleh dengan pemrosesan otomatisasi menunjukkan hasil yang lebih kental dibandingkan hasil dari proses manual. Hasil akhir ini lebih baik karena pada proses pendinginan tidak terjadi pengerasan dan juga tidak menjadi cair, sehingga produk akhir sesuai dengan hasil yang disarankan dalam referensi.
2. Proses pembuatan tiramisu menjadi lebih praktis karena tidak membutuhkan pengawasan secara terus – menerus, terutama untuk peralihan proses antara proses pemanasan dan pendinginan.
3. Rata-rata kesalahan sensor suhu LM 35CZ adalah 0,755, rata-rata kesalahan pengkondisi sinyal sebesar 0,0667, dan rata-rata kesalahan ADC adalah 3.

### B. Saran

1. Bisa dikembangkan untuk aplikasi rumah tangga dengan kisaran suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  –  $45^{\circ}\text{C}$ .
2. Untuk mendapatkan control suhu yang lebih presisi dapat dicoba digabungkan dengan kontrol thermostat yang ada pada refrigerator pada umumnya.

3. Untuk selanjutnya yang ingin mendalami refrigerator dimohon untuk tidak menggunakan freon untuk media pendinginnya untuk mencegah berlubangnya ozon demi keselamatan bumi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Astawan, M. & Astawan, M. W. ,1988, *Teknologi Pengolahan Pangan Hewani Tepat Guna*, CV Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Buckle, K.A. ,1985, *Ilmu Pangan*, UI Press, Jakarta.
3. Coughlin, Robert and Federick Driscoll.,1985, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.
4. Malvino, 1996,*Prinsip – Prinsip Elektronika*, Erlangga, Jakarta.
5. Pasek, Ari Darmawan. Tandian, Nathanael P. Adriansyah, Willy., 2003, *Pelatihan Untuk Pelatih Teknisi Refrigerasi*, LPPM ITB. Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia. United Nation for Development Programme., Bandung, 2 - 4.
6. Potter, N.N & J.H Hotchkiss . 1996 . Food Science . 5<sup>th</sup> Edition . CBS Publishers and Distributors . New Delhi.
7. Putra, Agfianto Eko., 2002, *Belajar Mikrokontroller AT89C51/52/55*, Gava Media, Yogyakarta.
8. Stoecker, Wilbert F. Jones, Jerold W. Hara, Supratman., 1989, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Edisi II*, Erlangga, Jakarta.
9. Tocci, Ronald J., 1991, *Digital Systems*, Erlangga, Jakarta.
10. Tokheim, Roger L., 1994, *Prinsip-prinsip Digital*, Erlangga, Jakarta.
11. \_\_\_\_\_ ,Data Sheet LM35, National Semiconductor
12. \_\_\_\_\_ ,Data Sheet ADC0804, National Semiconductor
13. \_\_\_\_\_ ,Data Sheet Mikrokontroler AT89S52, Atmel



**Subiyakto Supriadi**  
lahir di Tegal, 16 Oktober 1983, lulus dari SDN Panggung 7 tahun 1995, lulus SLTPN 1 Tegal tahun 1998, lulus SMUN 1 Tegal tahun 2001, saat ini sedang menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik universitas Diponegoro Semarang dengan konsentrasi Teknik Kontrol.

Mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II

**Wahyudi, ST, MT**  
**NIP. 132 086 662**

**Trias A, ST, MT**  
**NIP. 132 283 158**